

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie odběru vzorků pro mechanické zkoušení

Proposal of Technology Taking Samples for Mechanical Testing

Student:

Bc. Jiří Zůbek

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Zůbek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie odběru vzorků pro mechanické zkoušení**
Proposal of Technology Taking Samples for Mechanical Testing

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do mechanického zkoušení.
2. Popis stávající technologie.
3. Návrh nové technologie.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Technologie II 1. díl. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
[2] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Nové směry v progresivním obrábění. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žilině, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
[4] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Konzultant diplomové práce: Ing. Antonín Trefil

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího ročníkové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zabez', is written on a small yellow rectangular piece of paper.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 5. 2012



plné jméno autora práce

Jiří Zábek, Nádražní 2680/54, 702 00 Ostrava, Moravská Ostrava

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. ZŮBEK, J. Návrh technologie odběru vzorků pro mechanické zkoušení: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 47 s. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Brychta, J.

Diplomová práce seznamuje se základními pojmy v oblasti mechanického zkoušení materiálů. Objasňuje obecné principy mechanických zkoušek, především zkoušky tahové a zkoušky vrubové houževnatosti. Popisuje technologii odběru zkušebních vzorků, která je v současné době ve výrobě používána. Řeší problém nedostatečné efektivity stávající technologie navržením technologie nové. Na vzorové součásti porovnává stávající a nově navrženou technologii jak z hlediska spotřeby výrobního času tak i ekonomického. V uvedených tabulkách jsou přehledně znázorněny dosažené výsledky při použití nově navržené technologie odběru zkušebních segmentů ze součástí.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Bc. ZŮBEK, J. Proposal for Sample Taking Technology for Mechanical Testing: Diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 47 pages, Supervisor: prof. Dr. Ing. Brychta, J.

The diploma thesis describes basic terms in the field of mechanical testing of materials. It explains general principles of mechanical testing, particularly tensile tests and tests of impact strength. The work describes the contemporary technology of taking samples in production. It solves the problem of insufficient effectiveness of current technology by proposing a new one. It compares the current and the new technology on a sample part from both time consumption and economical points of view. The results of using the newly proposed technology for acquiring sample segments from tested parts are shown in the attached tables.

Obsah

Seznam použitého značení	3
Úvod	5
1 Úvod do mechanického zkoušení	6
1.1 Mechanické zkoušky	6
1.1.1 Statická zkouška tahem (trhací)	8
1.1.2 Zkoušky pevnosti v tlaku, ohybu, krutu a stříhu	10
1.1.3 Zkoušky tvrdosti	10
1.1.4 Dynamické zkoušky	11
1.1.5 Rázové zkoušky	11
1.1.6 Únavové zkoušky	14
1.2 Ostatní zkoušky	15
2 Popis stávající technologie	16
2.1 Výběr součásti (typového představitele)	17
2.2 Současná strategie odřezání segmentu	18
2.3 Dilenský technologický postup pro odřezání segmentů	19
2.4 Popis stroje stávající výroby	20
2.4.1 Vodorovná vyvrtávačka W200 HC	20
2.4.2 Nástroje stávající výroby	21
2.4.3 Frézovací hlava pod úhlem, typ IFW1 s nástavcem	23
2.4.4 Řezné podmínky	24
2.4.5 Rozřezový plán	24
2.5 Postup dělení zkušebního segmentu	26
3 Návrh nové technologie	28
3.1 Obrobitelnost materiálu	29
3.2 Vrtání na jádro - jádrování	30
3.3 Volba nástrojů	31
3.3.1 Vrtací hlava na jádro	31
3.3.2 Upichovací hlava	32
3.3.3 Upínací těleso	33
3.3.4 Řezné podmínky	34
3.4 Volba obráběcího stroje	34

3.4.1	Montážní vrtačka VRM50A	35
3.4.2	Chlazení a odvod třísek	36
3.5	Postup odběru jádra	37
3.5.1	Upínání	37
3.5.2	Základní strategie vrtání na jádro	37
3.6	Návrh dílenského technologického postupu	39
4	Technicko-ekonomické zhodnocení	40
4.1	Výrobní časy v technologických postupech	41
4.2	Obecné porovnání stávající technologie s navrhovanou	42
4.3	Ekonomické porovnání	43
5	Závěr	46
	Použitá literatura	48
	Poděkování	49

Seznam použitého značení

Značení	Význam	Jednotka
A	tažnost	%
a_p	hloubka řezu	mm
CNC	Označení číslicově řízeného stroje	-
ČSN	označení českých technických norem	-
D	průměr	mm
DIN	označení německých technických norem	-
EN	označení evropské normy	-
F	síla	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
f	posuv na otáčku	mm
f_z	posuv na zub	mm
HB	označení tvrdosti podle Brinella	HB
HGW	interní označení plastové vodící lišty	-
ISO	označení mezinárodní normy	-
IFW1	označení frézovací hlavy pod úhlem	-
k	součinitel proporcionality	-
L_0	počáteční měřená délka zkušební tyčinky	mm
n	počet otáček vřetene	min^{-1}
MK4	označení Morse upínacího kužele ve vřetenu	-
Pa	pascal	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
P20B	interní označení celokarbidové vodící lišty	-
P25B	interní označení vyměnitelné břitové destičky	-
R_a	střední aritmetická odchylka profilu	μm
R_m	mez pevnosti v tahu	MPa

RO	rychlořezná ocel	-
S_0	počáteční průřezová plocha zkušební tyčinky	mm^2
SGSF	katalogové značení frézy	-
SP1	označení utvařeče třísky na břitových destičkách	-
t	tuna	$\text{kg} \cdot 10^3$
v_c	řezná rychlost, rychlost hlavního řezného pohybu	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
v_e	výsledná řezná rychlost, vektorový součet v_c a v_f	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
v_f	rychlost posuvu, posuvný pohyb	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
VBD	výměnné břitové destičky	-
VHM	Vítkovice Heavy Machinery, a.s.	-
VTC	Vítkovice Testing Center s.r.o.	-
VNORMS	označení výpočetního softwaru	-
VRM50A	označení montážní vrtačky	-
w	šířka frézy	mm
WM1	označení přístroje pro míchání procesní kapaliny	-
W130,W160,W200	označení vodorovné vyvrtávačky	-
14B-9B	označení skupiny obrobitelnosti	-

Úvod

Neustálé zvyšování výkonnosti strojů a snižování jejich hmotnosti klade vysoké požadavky na jakost materiálu. Se zvyšováním nároků na materiál je nerozlučně spjata i jeho zkoušení. Materiálové zkoušky slouží nejen výrobcům materiálu ke kontrole jakosti výrobku, ale jsou nepostradatelné i pro odběratele, kteří se chtějí přesvědčit, byl-li jim skutečně dodán materiál, který požadovali. Známe celou řadu materiálových zkoušek. Každá má svůj obor použití a informuje nás o chování materiálu za jiných podmínek.

K nejdůležitějším zkouškám patří zkoušky mechanické. Testování mechanických vlastností materiálů hraje nezastupitelnou roli při kontrole technologie výroby, při kontrole jakosti a při přejímkách polotovarů či výrobků a také při vývoji nových materiálů. Některé z nich mají uplatnění obecně pro testování jak křehkých tak houževnatých materiálů (zkoušky tvrdosti, tahová zkouška) a jiné se používají jen ve speciálních případech.

Všechny metody testování materiálů prošly historickým vývojem. Již Leonardo da Vinci zkoušel pevnost konopných lan jednoduchou tahovou zkouškou. První zkušební tahový stroj byl postaven roku 1729 a systematicky začalo zkoušení pevnosti od poloviny 19. století. Počátkem 20. století přibýly zkoušky tvrdosti a krátce na to zkoušky vrubové houževnatosti. U některých materiálů se rovněž provádí zkoušky tlakem, ohybem, stříhem či krutem.

Mechanické zkoušky se provádějí na vzorcích odříznutých ze zkoušeného výrobku. Cílem této práce bylo zmapovat a popsat technologii, která je používána pro odběr zkušebních vzorků v podniku těžkého strojírenství a navrhnout technologii novou – ekonomicky přijatelnou. Při navrhování nových technologií výroby a jejich realizace je hlavním cílem dosažení co nejnižších výrobních nákladů a maximální snížení nákladů výrobních.

Úspor, které přináší nová technologie, bylo dosaženo maximálním využitím nových výrobních prostředků, poznatků o obrábění, moderními způsoby organizace a řízení pracovní činnosti v rámci možností výrobního podniku.

1 Úvod do mechanického zkoušení

Pro pevnostní výpočet strojních součástí a zařízení má rozhodující význam soubor vlastností, které se označují jako mechanické. Lze jimi číselně vyjádřit chování materiálu za působení vnějších sil. Pod pojmem mechanické vlastnosti se v běžném slova smyslu zahrnují: pružnost, pevnost, tvrdost, tvářitelnost, houževnatost aj.

Za pružný se považuje takový materiál, který se působením napětí deformuje a po odstranění tohoto napětí se vrátí do původního stavu. Materiál nepružný zůstane po odlehčení zdeformován, kdežto u materiálu dokonale pružných po odlehčení vlivem vnitřních sil deformace úplně vymizí.

Pevnost je schopnost součásti nebo materiálu odolávat účinku sil působících z vnějšku. Podle způsobu namáhání rozlišujeme pevnost v tahu, tlaku, krutu, smyku, stříhu a ohybu (obr. 1). Nejúčelnější a téměř výlučně používána je zkouška pevnosti v tahu. Není-li jinak uvedeno, rozumí se slovem pevnost vždy pevnost v tahu.

Tvrdost se definuje jako odpor materiálu proti deformaci cizím tělesem; zjišťuje se vtlačováním tvrdého tělíska kuličky, kužele nebo jehlanu určitým tlakem do zkoušeného materiálu a měřením hloubky nebo plochy vtisku.

Na mechanické vlastnosti materiálu má značný vliv také teplota. Při určitých teplotách se mění krystalická struktura materiálů, a tím se mění i jejich mechanické vlastnosti. [1]

1.1 Mechanické zkoušky

Při mechanických zkouškách se vytváří v materiálu určité napětí, které se stupňuje až do porušení zkušebního vzorku. Pojem napětí označujeme sílu působící na plošnou jednotku zkoušeného tělesa. Pro mechanické napětí i pro tlak se používá jednotka pascal ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$) a její násobky.

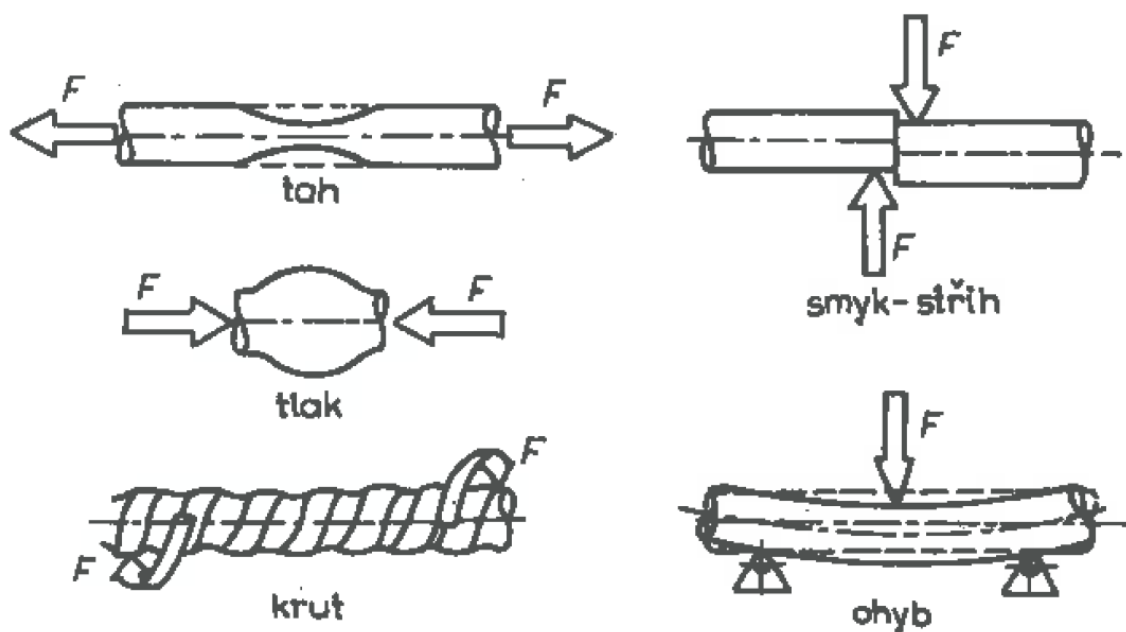
Mechanickými zkouškami získáváme podklady, které jsou důležité pro ověření mechanických vlastností dodávaného materiálu. Ke zkouškám používáme zvláštní zkušební zařízení a zkoušky provádíme jednotným způsobem, předepsaným ČSN. [1]

Podle působení síly na zkušební těleso rozdělujeme mechanické zkoušky takto:

Statické zkoušky, při nichž se zatížení zvětšuje pozvolna. Působí obvykle minuty, při dlouhodobých zkouškách dny až roky.

Dynamické zkoušky rázové a cyklické, při kterých působí síla nárazově po zlomek sekundy. Při cyklických zkouškách (tzv. zkoušky na únavu materiálu) se proměnné zatížení opakuje i mnoha cykly za sekundu až do mnoha milionu jejich počtu.

Podle teplot, při kterých zkoušky provádíme, je dělíme na zkoušky za normálních, vysokých a nízkých teplot.

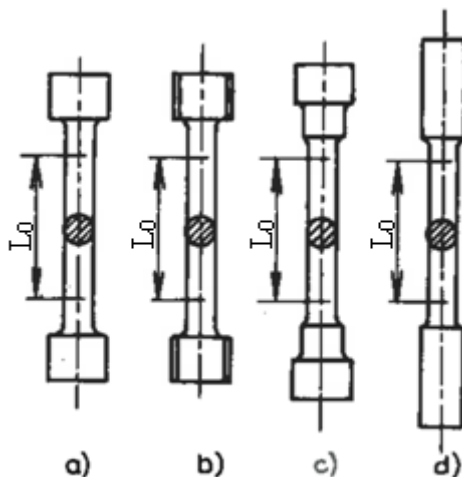


Obr. 1 Základní druhy namáhání materiálu [2]

Základem mechanických zkoušek jsou zkoušky pevnosti. Podle způsobu působení zatěžující síly rozdělujeme tyto zkoušky na zkoušky pevnosti v tahu, tlaku, ohybu, krutu a střihu. Aby se výsledky zkoušek daly reprodukovat, jsou jejich podmínky zcela přesně dány. Například tahová zkouška bývá prováděna na určitém tvaru zkušební tyče, určitou rychlostí zatěžování, u zkoušek na únavu se přepisuje určitý sled zatěžování. [1]

1.1.1 Statická zkouška tahem (trhací)

Je to jedna ze základních zkoušek. Je nutná téměř u všech technických materiálů, protože jí získáme některé základní hodnoty potřebné pro výpočet konstrukčních prvků a volbu vhodného materiálu. Při zkoušce se v trhacím stroji zatěžuje zkušební tyč normalizovaného tvaru a velikosti (obr. 2) pomalu vzrůstající silou F až do porušení.



Obr. 2 Zkušební tyče kruhového průřezu [2]

Těleso zkušební tyče se nejčastěji získává obrobením vzorku z výrobku, výlisku nebo odlitku. V některých případech se výrobky smí zkoušet, aniž by museli být obrobena. Profil zkušebních těles může být kruhový, čtvercový, obdélníkový, prstencový nebo i jiného tvaru, pokud se jedná o zvláštní případ.

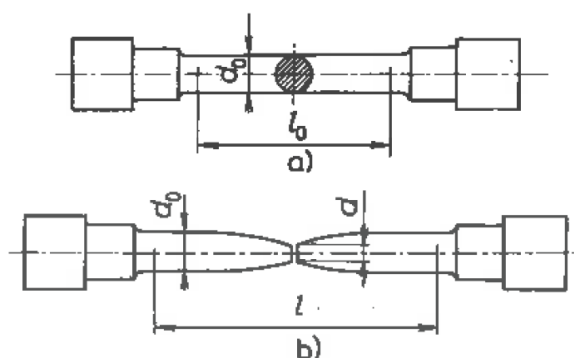
V provozu firmy Vítkovice Heavy Machinery, a.s. (dále jen VHM), pro který je v této práci navrhovaná nová technologie odběru vzorků, se provádí zkouška tahem, která má předepsaný tvar zkušebního tělesa normou ČSN 42 0310. Tato norma popisuje rozměry a tvar zkušebního vzorku pro zkušební metodu za pokojové teploty.

Rozměry a tvar těles používané pro zkoušení mohou být podmíněny tvarem a rozměry výrobku, ze kterého jsou odebírána. Upřednostňovaná zkušební tělesa mají přímý vztah mezi počáteční měřenou délkou, L_0 , a počáteční průřezovou plochou, S_0 , vyjádřeny rovnicí

$$L_0 = k\sqrt{S_0} \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

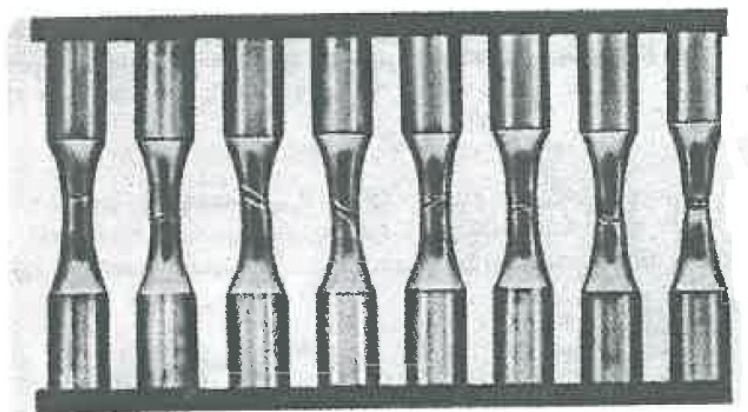
kde k je součinitel proporcionality a nazývají se poměrná zkušební tělesa. Mezinárodní přijatá hodnota pro k je 5,65. Počáteční měřená délka musí být nejméně 15 mm. Jestliže je zkušební plocha měřené tyče příliš malá na to, aby hodnota součinitele $k = 5,65$ splnila tento požadavek, může se použít hodnota vyšší (přednostně 11,3) nebo nepoměrná zkušební tělesa. V příslušných normách na výrobky nebo národních normách se mohou na základě dohody se zákazníkem používat i jiná zkušební tělesa, která jsou specifikovaná např. v ISO 3183, ISO 11960, DIN 50125. [3]

Abychom mohli měřit prodloužení zkušební tyče po přetržení, vyznačíme na ní před zkouškou rysky (obr. 3).



Obr. 3 Zkušební tyče a) před zkouškou b) po zkoušce[2]

Trhací zkouškou se zjišťuje pevnost v tahu, poměrné prodloužení, tažnost a zúžení (kontrakce) zkoušeného materiálu (obr. 4)



Obr. 4 Zkušební tyče po zkoušce[2]

Pevnost v tahu (mez pevnosti v tahu) R_m je smluvní hodnota napětí daného podílem největší zatěžující síly F , kterou snese zkoušená tyč, a původního průřezu tyče S_0 :

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \text{ [MPa]} \quad (2)$$

Tažnost A je poměrné trvalé prodloužení vyjádřené v procentech původní délky:

$$A = \frac{l-l_0}{l_0} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

Zkoušky tahem se dělají na různých zkušebních strojích, které jsou buď jednoúčelové (pro jeden druh zkoušek), nebo univerzální (pomocí vhodných přípravků lze provádět různé druhy zkoušek). Každý zkušební stroj se skládá z ústrojí zatěžovacího, upínacího a měřicího. Zkušební tyče pro zkoušku pevnosti v tahu se upínají do upínacích čelistí. Zapisovací zařízení stroje kreslí v průběhu trhací zkoušky pracovní diagram, udávající zatížení v jednotkách síly. [2]

1.1.2 Zkoušky pevnosti v tlaku, ohybu, krutu a stříhu

Zkouška tlakem je používána méně často (např. u litiny, keramických a stavebních hmot apod.). U oceli se obvykle nedělá. Zkušební tělesa – válečky o průměru 20 až 30 mm a stejné výšky – jsou postupně zatěžovány, až se rozdrťí (u křehkých materiálů) nebo stlačí na stanovenou hodnotu. Zkušební tělesa z betonu, dřeva apod. mají tvar krychle.

Zkouška ohybem se používá u materiálů křehkých, hlavně litých, např. u šedé litiny. U houževnatých materiálů k porušení zkušební tyče nedojde.

Zkouška krutem slouží ke zjišťování jakosti drátů za studena (zkouška drátů kroucením). Zkouškou za tepla se určuje kujnost oceli. Zkouška se dělá většinou na válcových zkušebních tyčích, které se ve zkušebním stroji zatěžují až do porušení. Měří se příslušný krouticí moment a zkroucení tyče na určité měřené délce.

Zkouška stříhem. Obvykle se provádí v přípravku na univerzálním zkušebním stroji. Ze zatížení, při kterém se zkušební tyč poruší, a z původní plochy průřezu se vypočítá mez pevnosti ve stříhu. [2]

1.1.3 Zkoušky tvrdosti

Měření tvrdosti je velmi rozšířenou laboratorní i provozní zkouškou, používanou ke kontrole a zkoušení materiálu. Má proti ostatním zkouškám řadu výhod, jako například

rychlost a jednoduchost provedení, možnost zkoušení i hotových součástí bez jejich znehodnocení apod. Podle hodnoty tvrdosti lze usuzovat na další mechanické vlastnosti materiálu, například pevnost v tahu či mez kluzu. Metod pro zjišťování tvrdosti je mnoho. Nejčastější jsou vrypové, vnikací a odrazové.

1.1.4 Dynamické zkoušky

V praxi jsou strojní součásti jen zřídka zatěžovány výhradně stálými či zvolna a plynule se měnícími silami, které charakterizují statické namáhání. Častěji rostou zatěžující síly skokem nebo se opakovaně rychle mění, a součást je vystavena působení velkého počtu těchto změn. Jde o namáhání dynamické. V prvním případě mluvíme o namáhání rázovém a v druhém případě cyklickém. Při dynamickém namáhání dochází často k náhlým poruchám soudržnosti materiálu, i když zatěžující síly nedosahují jeho statické pevnosti.

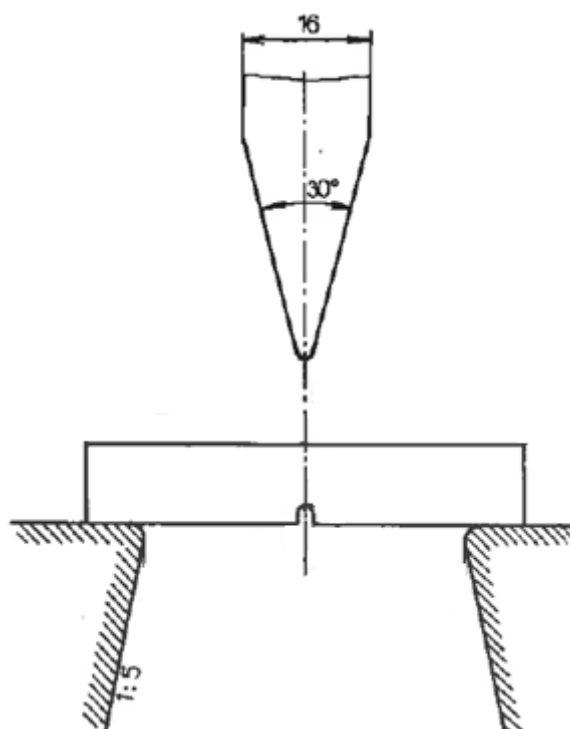
Účelem dynamických zkoušek při rázovém namáhání – rázových zkoušek – a při cyklickém namáhání – únavových zkoušek – je proto stanovení vlastností materiálu při působení dynamických sil.

1.1.5 Rázové zkoušky

Rázové zkoušky slouží ke zjištění, kolik práce nebo energie se spotřebuje na porušení zkušební tyče. Rázem lze zkoušet pevnost v tahu, tlaku, ohybu nebo krutu.

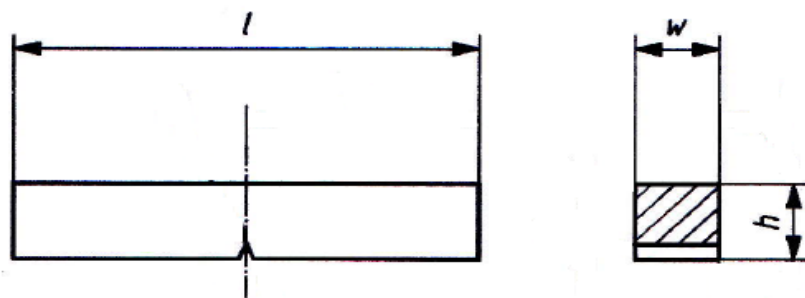
Zkouška rázem v ohybu (obr. 5) je ze všech nepoužívanější a je dobrým ukazatelem houževnatosti nebo křehkosti materiálu. Nejběžnější je zkouška vrubové houževnatosti.

Zkušební tyč normalizovaného tvaru a velikosti se přerazí jediným rázem padajícího kyvadlového kladiva. Vzhledem k houževnatosti oceli by někdy nedošlo k přeražení zkušební tělesa, ale pouze k jeho plastické deformaci. Proto se zkušební tyče opatřují vrubem. U nás se používají tyče s vrubem hloubky 2 a 3 mm.

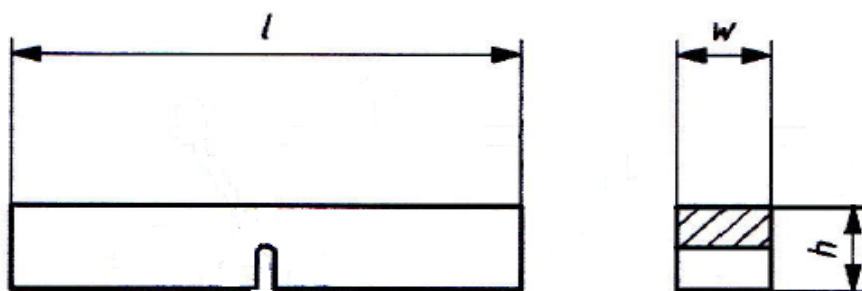


Obr.5 Uložení tyče při zkoušce rázem[b]

Standardní zkušební těleso (obr. 6 a 7) pro zkoušku vrubové houževnatosti neboli, jak je uvedeno v normě ČSN 42 0381 (Tabulka č. 1) - zkoušku rázem v ohybu metodou Charpy, musí mít délku 55 mm a čtvercový průřez o stranách 10 mm. Vrub musí být ve středu délky tělesa a to buď ve tvaru V, nebo U. Jestliže není možné z materiálu vyrobit standardní zkušební těleso, použije se jedno z náhradních zkušebních těles o šířce 7,4 mm, 5 mm nebo 2,5 mm. Povrchová drsnost tělesa musí být lepší než $R_a = 5 \mu\text{m}$ s výjimkou konců tělesa. [4]



Obr.6 Geometrie tělesa s V-vrubem [4]

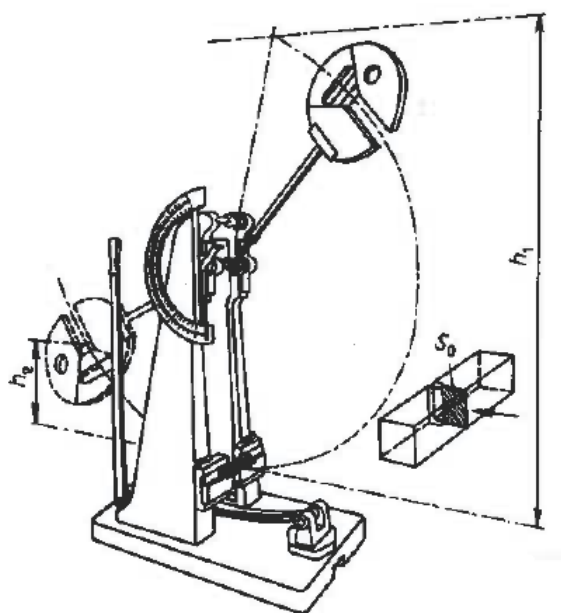


Obr.7 Geometrie tělesa s U-vrubem[4]

Tabulka č. 1: Mezní úchylky označených rozměrů zkušebních těles [4]

Označení	Značka a číslo	Zkušební těleso s V-vrubem			Zkušební těleso s U-vrubem		
		Jmenovitý rozměr [mm]	Výrobní tolerance		Jmenovitý rozměr	Výrobní tolerance	
			+/- [mm]	Třída tolerance (v souladu s ISO 286-1)		+/- [mm]	Třída tolerance (v souladu s ISO 286-1)
Délka	l	55	0,6	js15	55	0,6	js15
výška	h	10	0,075	js12	10	0,11	js12
šířka	w				10		
standardní těleso		10	0,11	js13		0,11	js13
zkušební těleso redukovaného průřezu		7,5	0,11	js13	-	-	-
zkušební těleso redukovaného průřezu		5	0,06	js12	-	-	-
zkušební těleso redukovaného průřezu		2,5	0,05	js12	-	-	-

Stroje k vyvození rázového namáhání v ohybu se nazývají kyvadlová kladiva a patří k nejjednodušším zkušebním strojům. Na obr. 8 je Charpyho kyvadlové kladivo. Před začátkem zkoušky se kladivo vyzvedne do určité výšky a zajistí zarážkou. Po uvolnění zarážky padá, přerazí zkušební tyč a vychýlí se na druhou stranu do konečné polohy. Vlečná ručička (u Charpyho kladiva), která je unášena padajícím kladivem se zastaví v místě největší konečné polohy kladiva a nevrací se již zpět. Na stupnici přímo ukáže množství práce spotřebované na přeražení zkušební tyče.



Obr.8 Charpyho kladivo[2]

1.1.6 Únavové zkoušky

Únavový lom může vzniknout opakovaným namáháním v tahu, tlaku, ohybu, krutu, popř. jejich kombinací. Ukazuje se, že nebezpečí únavového lomu existuje jen po překročení určité hodnoty napětí, kterému říkáme mez únavy. Je to tedy největší výkmit napětí, který materiál vydrží teoreticky po nekonečný počet cyklů, aniž se poruší.

Při určování meze únavy se zjišťuje počet cyklů, vedoucích k lomu zkušební tyče při různých napětích. Počet cyklů, po nichž tyč praskne, s klesajícím napětím vzrůstá. Pro měření meze únavy je tedy třeba provést zkoušku na několika zkušebních tyčích, obvykle nejméně na šesti. [2]

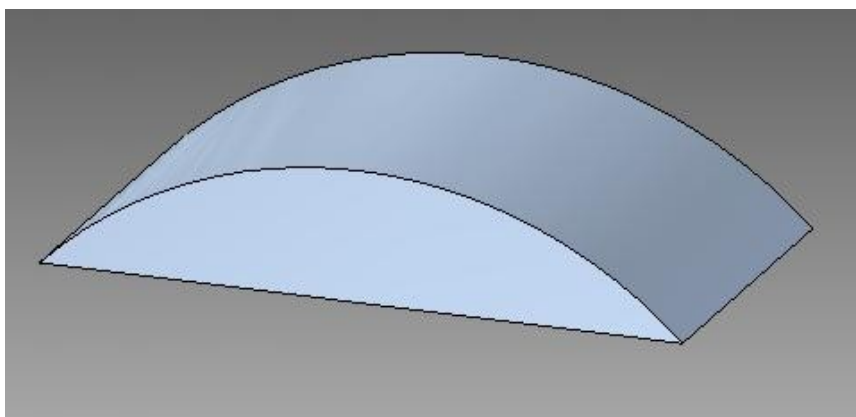
Ke zkouškám se používají speciální zkušební stroje, u nichž jde vyvodit cyklická namáhání jako jsou: střídavý tah, tlak, střídavý ohyb, ohyb za rotace, střídavý krut.

1.2 Ostatní zkoušky

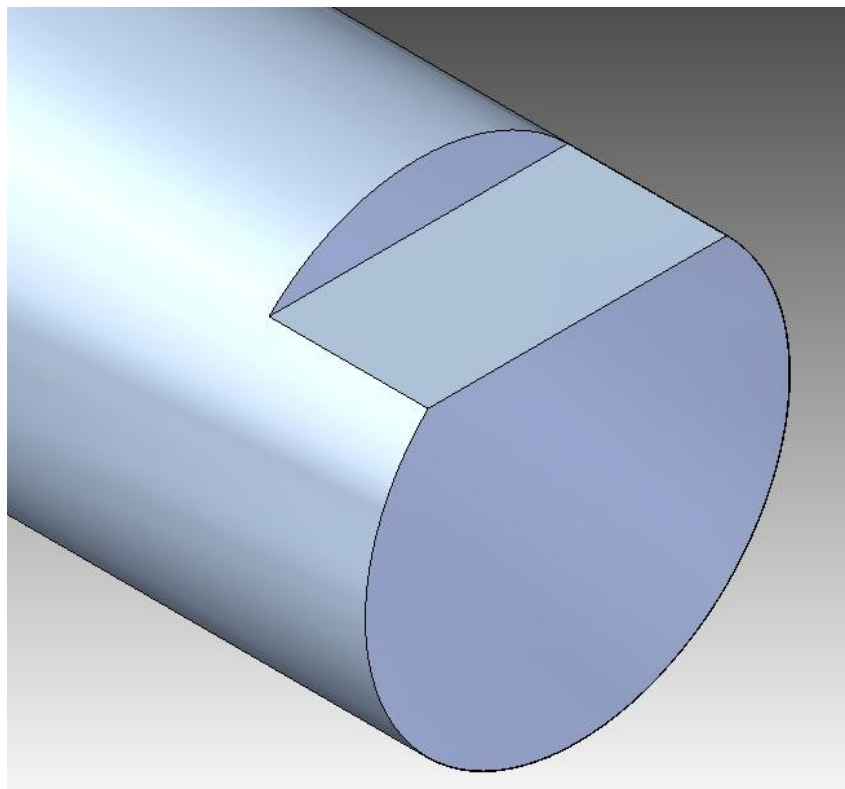
Existuje celá řada materiálových zkoušek. Některé z nich mají uplatnění obecně pro testování jak křehkých tak houževnatých materiálů a jiné se používají jen ve speciálních případech. Pro potřeby této práce již není nutné dále rozebírat a popisovat další typy zkoušek, neboť v provozu našeho podniku se tyto zkoušky neprovádí. Pakliže čtenář bude chtít prohloubit své teoretické znalosti o další druhy zkoušek, doporučuji nalistovat stránku s použitou literaturou. [2]

2 Popis stávající technologie

Zkušební tělesa, na kterých jsou prováděny mechanické zkoušky v laboratořích, jsou vyráběny ze segmentů (obr. 9) odřezaných z výrobků. Odebraný segment je dále rozřezán a opracován na standardizované zkušební vzorky použitelné pro mechanické zkoušky ve zkušebních strojích. Obsahem této kapitoly je popis technologie odběru segmentů z výrobků, který se v současné době v podniku VHM využívá. Obr. 10 znázorňuje současný stav výrobku po odřezání segmentu.



Obr.9 Segment pro mechanické zkoušky



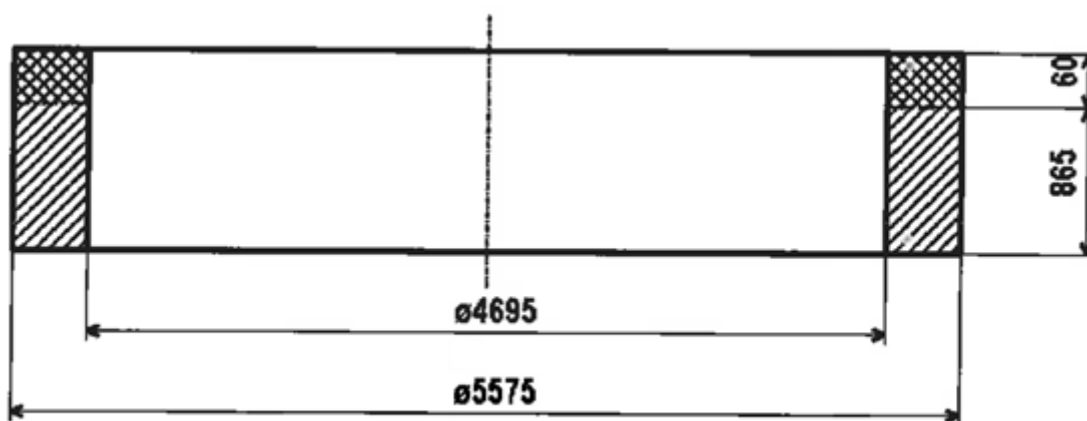
Obr.10 Současný stav po odběru segmentu

2.1 Výběr součásti (typového představitele)

Mechanické zkoušky se provádějí na zkušebních vzorcích, u kterých se předpokládá, že mají stejné vlastnosti jako materiál výrobku, jehož vlastnosti chceme zjistit. Ve výrobcích mohou být různé vnitřní nebo povrchové vady (trhliny, dutiny apod.), které mohou ovlivnit celkovou pevnost výrobku a při tom vůbec neovlivní vzorek. Ke zjištění vad, které by mohli, ovlivnit mechanické vlastnosti výrobku se používají nedestruktivní zkoušky (např. zkouška ultrazvukem). [2]

Pro demonstraci technologie odběru vzorků z výrobků byla vybrána součást s názvem „Nosný kruh“, ze kterého je odebírán segment ve tvaru půlměsíce. Nosný kruh je typickou součástí, která se ve VHM běžně vyrábí. Nosný kruh, je pro zajištění požadovaných mechanických vlastností zákazníka s ohledem na použití nutné tepelně zpracovat. K zajištění následné kontroly mechanických vlastností je odebírán zkušební segment pro mechanické zkoušky.

Segment půlměsícového tvaru je odřezán na horizontální vyvrtávačce typu W200. Nosný kruh je vzhledem ke svým rozměrům ustavován přímo na upínací plochu stroje. Segment pro mechanické zkoušky se odebírá dle požadavků zákazníka z obvodu 2x po 180 stupních. Místo pro odběr je označeno na obrázku 11.



Obr.11 Kovárenský náčrt Nosného kruhu s nákovkem pro zkoušku

2.2 Současná strategie odřezání segmentu

- 1.) Před započítím práce na jakémkoliv pracovišti je nutné přichystat potřebné nástroje a přípravky. Obsluha každého stroje má na přípravu normou stanovený tzv. dávkový čas. Dávkový čas má každá strojí skupina jiný. Je stanovený podle typu a velikosti stroje (frézy, horizontky, soustruhy, vrtačky). Pro odřezání segmentu z nosného kruhu je nutné připravit úhlovou hlavu, kotoučovou frézu a upínací trny potřebné k upnutí nástroje do vřetene.
- 2.) Výrobek je upnut na upínací plochu stroje tj. prostor před obráběcím strojem. Manipulace s výrobkem probíhá pomocí jeřábu, za přítomnosti kvalifikované obsluhy – vazače a obsluhy stroje. Obsluha stroje dbá na přesné ustavení obrobku vůči ose nástroje, tak aby bylo možné zkušební segment odřezat. Přesnost ustavení je kontrolována podle orýsování, které je před operací na vodorovné vyvrtávačce provedeno na rýsovací desce.
- 3.) Po ustavení obrobku následuje jeho zabezpečení. Zabezpečí proti posunutí, ke kterému by mohlo dojít při obrábění. U nosného kruhu není tato problematika až tak markantní z důvodu velké váhy výrobku. Síly vzniklé při řezání segmentu nezpůsobí posunutí.
- 4.) Obsluha stroje po ustavení a vycentrování obrobku upne úhlovou hlavu a frézovací nástroj – kotoučovou frézu. Řezný nástroj je polohován rychloposuvem do bezpečné vzdálenosti k povrchu obrobku. Následuje pohyb pracovním posuvem v požadované hloubce. Několika řezy po 20 mm je zkušební segment naříznut. Změní se poloha uhlové hlavy a dalšími řezy je segment odřezán od stávajícího polotovaru (obr. 12).
- 5.) Oddělený segment je označen kovovými razidly na vnější straně. Pomocí magnetického přípravku a jeřábu se přemístí mimo pracovní prostor stroje.
- 6.) Výrobek, po odřezání segmentů, je opět pomocí jeřábové techniky za přítomnosti vazače nutno přesunout na další pracoviště.

2.3 Dilenský technologický postup pro odřezání segmentů

	1	Odřezání segmentů pro mech. zk.	
Číslo výkresu	Počet kusů	Název součásti	Zakázkové – pořadové číslo
TECHNOLOGICKÝ POSTUP - stávající			
		42CrMo4 + QT	D5486/d4782x790
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr
			Poznámka

Č. op. úseku	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky/strojní skupina	Řezné parametry (a, v, f, c)	Čas operace (min)	Čas přípravy (min)
1	Upnout, střídit dle orýsování	Vodorovná vyvrtávačka/ 14832/13			240
2	Řezat shora drážku dle orýsování do hloubky 60mm	Kotoučová fréza SGSF D360	n = 100 [ot/min] a _p = max 20 [mm] f = 30 [mm/min]	350	20
3	Upnout úhlový přípravek, natočit.				150
4	Řezat drážku dle orýsování do hloubky 110mm Při posledním řezu zajistit segment klíny	Kotoučová fréza SGSF D360	n = 100 [ot/min] a _p = max 20 [mm] f = 30 [mm/min]	640	40
5	Odstranění uřezaného segmentu	Zámečníci/ 09421/11		30	
6	Odjehlít	Zámečníci/ 09421/11		45	
Celkový čas				1065	450



Obr.12 Odřezávání segmentu

2.4 Popis stroje stávající výroby

Stáří strojů a zařízení nemá vliv na bezproblémovou funkčnost stávajícího způsobu odběru zkušebního segmentu. Stroje umožňují užití progresivních obráběcích nástrojů, nutných k dosažení potřebné přesnosti při řezání. Je třeba však zvážit ekonomické a časové aspekty výroby. Zavedením nových nástrojů a technologie do výroby, očekáváme vyšší produktivitu práce v porovnání s nástroji používanými při stávajícím způsobu výroby.

2.4.1 Vodorovná vyvrtávačka W200 HC

Klasicky koncipovaná vodorovná vyvrtávačka se svisle posuvným vřeteníkem a výsuvným pracovním vřetenem (Tabulka č. 2). Stroj určený do kusových a malosériových výrob pro opracování všech druhů materiálů, všemi druhy řezných nástrojů včetně keramických materiálů. Stroj je zvláště vhodný pro opracování skříňovitých výrobků.

Tabulka č. 2: Parametry vodorovné vyvrtávačky

typ stroje	W 200 HC
max. vysunutí pracovního vřetene / pinoly (mm)	2000 / 1600
celková upínací plocha (mm)	3080 x 9700
max. hloubka vrtání vřetenem (mm)	2000
průměr pracovního vřetena (mm)	200
stupeň přesnosti / jakos opracování plochy	IT 7 / 1,6-3,2
upínací kužel ve vřetenu	ISO 60
otáčky vřetene (1/min)	0,8 až 630
posuv vřetene a pinoly (mm/min)	0,75 až 3000
pojezd stojanu po loži (mm)	10 000
posuv vřeteníku (mm/min)	0,75 až 6000
posuv stojanu (mm/min)	0,75 až 6000

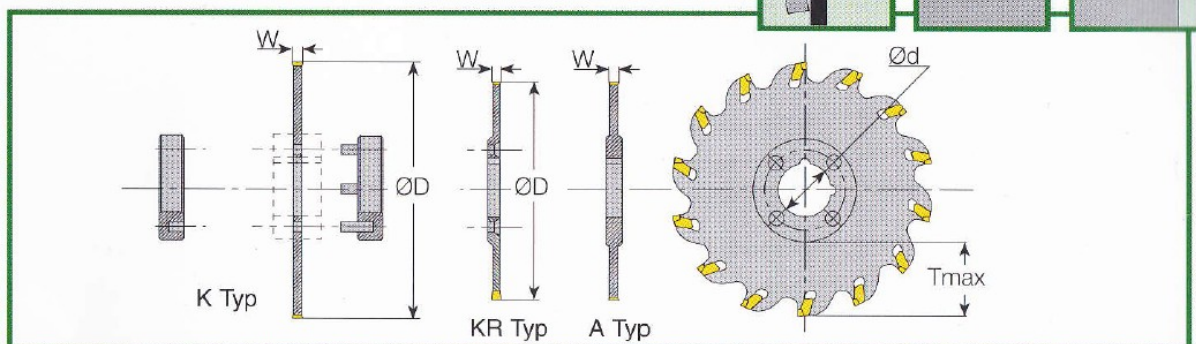
2.4.2 Nástroje stávající výroby

Frézovací nástroje s většími průměry, podobající se pilovým kotoučům osazeným velkým počtem zubů, se v mnoha aplikacích zdají být nenahraditelné. Kotoučové frézy, moderní drážkovací frézy a pilové kotouče s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou nejehospodárnějším řešením v případě, kdy je potřebné zhotovit dlouhé, hluboké drážky a pro dělení materiálu.

Jedním z velmi účinných frézovacích nástrojů je dělicí fréza. Tato fréza je mnohostranně použitelným nástrojem, který je možné aplikovat i při frézování drážek v díře. Pro dělicí operace je tato fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami tím nejvhodnějším řešením. Vyměnitelné břitové destičky mají speciální utvářeč, který zajišťuje dobré utváření třísek a také jejich dobrý odchod.[5]

Pro odřezání segmentu z nosného kruhu byla použita kotoučová fréza od firmy ISCAR (obr. 14). Na obrázku 13 je znázorněn popis nástroje a v tabulce číslo 3 jsou pak uvedeny rozměry konkrétní kotoučové frézy.

SGSF



Obr.13 Katalogový popis nástroje [6]

Tabulka č. 3: Rozměry frézy [6]

Katalogové značení frézy	D	Počet destiček	Tmax	Otáčky max.	Šířka W
SGSF	350	26	119	230	5.51-6.50



Obr.14 Kotoučová fréza

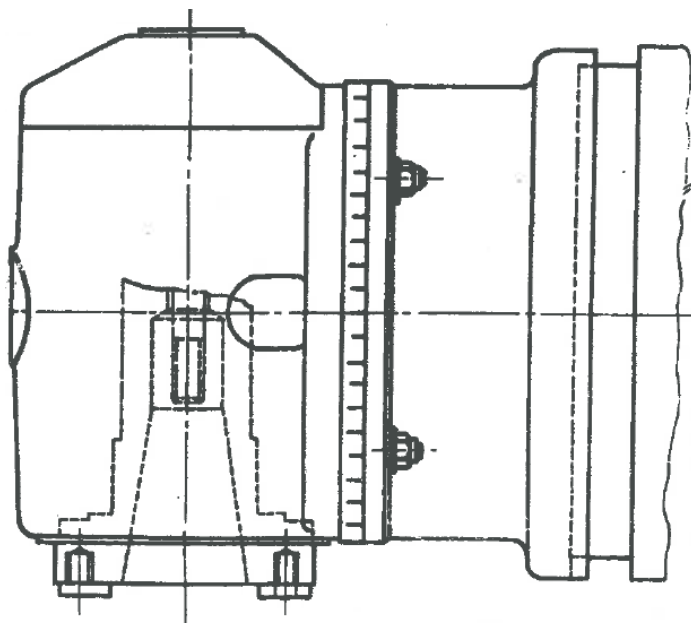
2.4.3 Frézovací hlava pod úhlem, typ IFW1 s nástavcem.

Frézovací hlava IFW1 (obr. 15) je přídatným zařízením a montuje se s příslušným nástavcem na čelo čtyřboké pinoly stroje. Pohon frézovacího vřetene je odvozen od vrtacího vřetene stroje přes ozubená kola. Frézovací hlavu lze natáčet do různé polohy dle stupnice ručně, po zatočení se zpevní s nástavcem. Natočení lze provádět v rozsahu 0 - 360°. S frézovací hlavou jsou dodávána výměnná upínací pouzdra pro nástroje.

Použití hlavy je vhodné pro lehké frézování malých ploch, nebo drážek rovnoběžných s osou vřetena a to na plochách nebo v otvorech, lze provádět i vrtání malých otvorů. Při použití speciálních nástrojů lze provádět např. vnitřní spojkové ozubení, drážkové náboje apod.

Výhody používání:

- Frézovací úhlová hlava IFW1 rozšiřuje výrobní možnosti stroje a dovoluje obrábět plochy, jež jsou nedostupné pro stávající stroj v dané poloze upnutí součásti.
- Koncentrace obráběcích operací při jednom upnutí obrobku zvyšuje rozměrovou přesnost prováděné operace, snižuje náklady spojené s přepínáním a ustavováním obrobku a tím zkracuje výrobní časy - zvyšuje produktivitu práce. [10]



Obr.15 Frézovací hlava pod úhlem

2.4.4 Řezné podmínky

Volba řezných podmínek je závislá na vlastnostech materiálu, stroje, obrobku i prostředí a na požadovaných parametrech frézovaných ploch obrobku. Výrobci nástrojů proto ve svých katalozích a příručkách doporučují vhodné podmínky.

Na frézce se volí otáčky vřetene a rychlost posuvu. Ostatní požadované hodnoty se vypočítávají. Níže uvedené hodnoty jsou pro frézování kotoučovou frézou od firmy ISCAR.

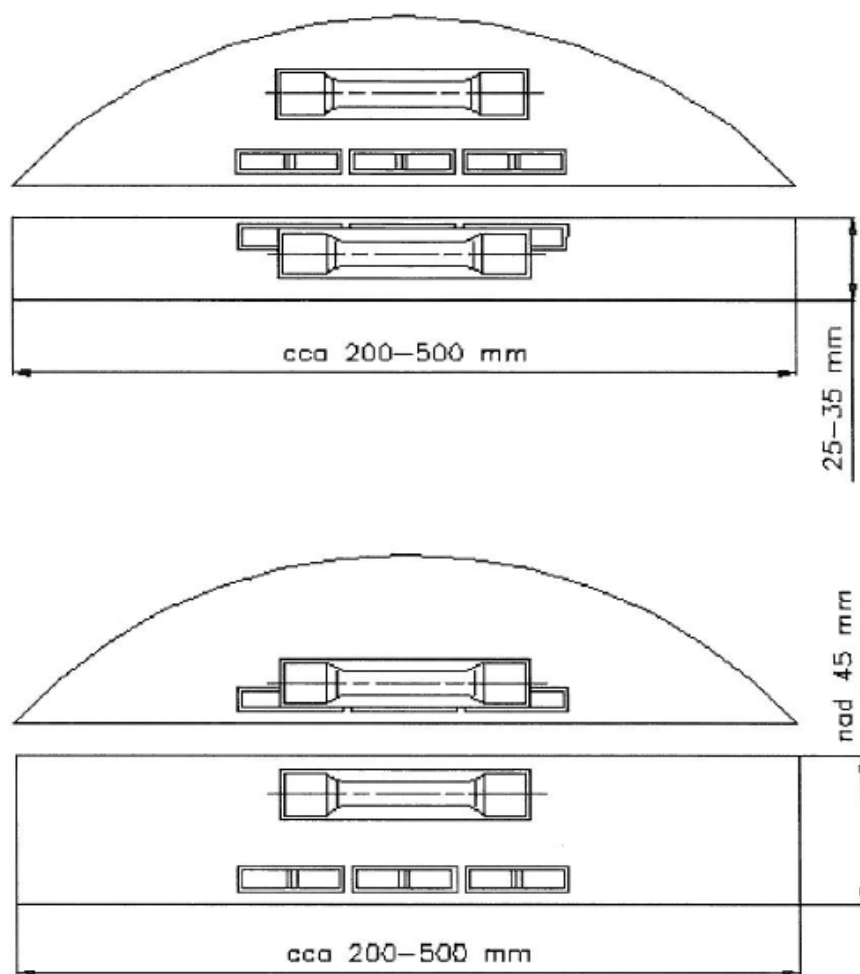
Řezné podmínky pro kotoučovou frézu:

- řezná rychlost $v_c = 45$ [m · min⁻¹]
- hloubka řezu $a_p = 20$ [mm]
- posuv $v_f = 100$ [mm · min⁻¹]
- posuv na zub $f_z = 0,1$ [mm]

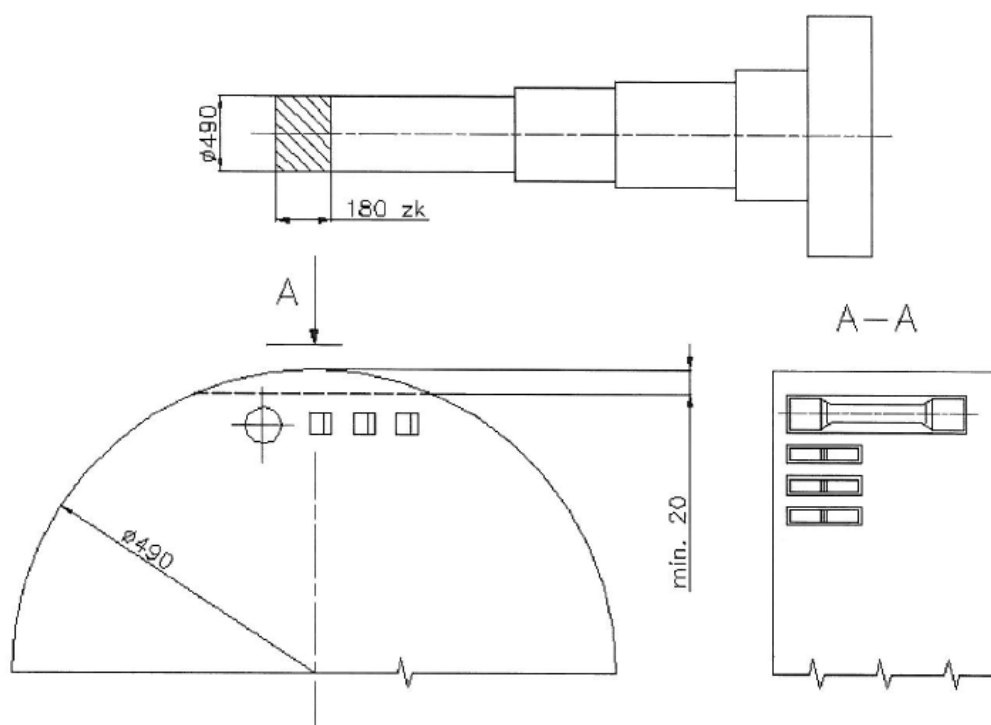
2.4.5 Rozřezový plán

Zkušební segmenty jsou posílány z VHM do laboratoří společnosti VÍTKOVICE TESTING CENTER s. r. o. (dále jen VTC). Ve VTC se segmenty dále dělí a opracovávají do podoby zkušebních normalizovaných těles, na kterých se pak zkoušky provádí. Dělení segmentů se uskutečňuje podle rozřezového plánu zpracovaného ve VHM. Příklady rozřezového plánu zkušebních segmentů jsou na obrázku 16 a 17.

Konkrétní rozřezový plán pro segment z Nosného kruhu je znázorněný na obr. 16. Jako další příklad je uveden rozřezový plán Větrníkové hřídele obr. 17. Větrníková hřídel je dalším typem výrobků u kterého je nutné často odebírat zkušební vzorky.



Obr.16 Rozřezový plán segmentu nosného kruhu

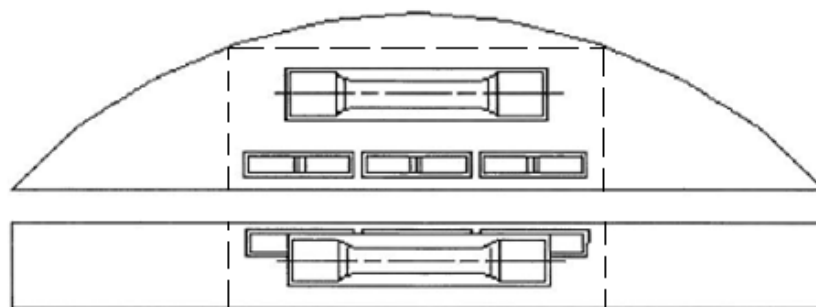


Obr.17 Rozřezový plán segmentu větrníkové hřídele

2.5 Postup dělení zkušebního segmentu

Získání jednotlivých normalizovaných zkušebních vzorků ze segmentu ve tvaru půl měsíce je proces, který probíhá v prostorách obrobny společnosti VTC. Postup celého postupu, práce prováděné na jednotlivých pracovištích až po získání vzorku, je popsán v této kapitole. Náklady za dělení segmentu pak VTC účtuje, společně s náklady za zkoušení zadavateli zakázky, tedy VHM.

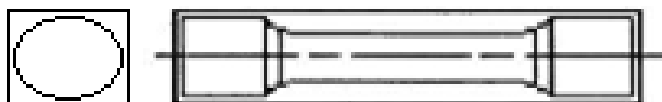
- 1.) V první fázi dělení se od segmentu, na pásové pile odřeže těleso obdélníkového tvaru (desky) tak jak je naznačeno čárkovanou čarou na obr. 18. Ve srovnání s kotoučovou pilou je pásová pila méně výkonná, avšak umožňuje vytvářet tenké podélné i příčné řezy.



Obr.18 První fáze dělení segmentů

- 2.) Následuje ofrézování čelních ploch desky. Boční plochy zůstávají neopracovány. K frézování rovinných a tvarových ploch na malých a středně velkých součástech v kusové a malosériové výrobě jsou určeny konzolové frézky. Tyto frézky patří k nejuniverzálnějším obráběcím strojům, protože se na nich mohou obrábět nejen rovinné a tvarové plochy, ale i závitové ozubení i rotační plochy.
- 3.) Poté, co jsou čelní plochy ofrézovány, jsou na zkušební desku narýsovány hranice zkušebních vzorků. Dle rozřezového plánu naznačí po celé délce desky podélné hranoly. Šířka podélných hranolů je šířka budoucích vzorků zatím pořad s přídávkem pro dokončovací opracování. Příčně je pak orýsována délka zkušebních segmentů také s přídávkem.
- 4.) Orýsovaná deska se vrací zpátky na pásovou pilu, kde je řezána podle orýsování.

- 5.) Nařezané hranoly jsou dále opracovávány podle typu zkoušek, ke kterým jsou určeny. V případě tahové zkoušky je hranol po obvodu ofrézován na profil čtvercového průřezu (obr 19). Po stranách jsou zhotoveny středící důlky, které umožní upnutí na soustruhu. Soustružnické pracoviště pracuje v automatizovaném režimu s podávčem obrobků. Součást je upnuta mezi hroty. Velkým přítlakem je zajištěn přenos kroutícího momentu z vřetene stroje.



Obr.19 Hranol tahové zkoušky

V případě, že vzorek bude použit pro zkoušku vrubové houževnatosti, opracovává se na profil čtvercového průřezu. Po obvodu však s přídavkem 0.2 mm na plochu pro broušení.

- 6.) Vzorek pro zkoušku tahem je soustružen dle předepsané míry na univerzálním soustruhu, kde je také v případě potřeby řezán závit.

Zkušební vzorek pro zkoušku vrubové houževnatosti je po obvodu dobroušen na finální rozměr.

- 7.) Broušený hranol zkoušky vrubové houževnatosti je na rozdíl od vzorku pro tahovou zkoušku, u které proces úpravy skončil vyřezáním závitu, podroben ještě jedné operaci na frézařském pracovišti. V této operaci je vyfrézován do hranolu o rozměrech 10x10 mm vrub tvaru V do hloubky 2 mm.

3 Návrh nové technologie

Díky současné globalizaci ekonomiky a neustálého tlaku na snižování nákladů výroby a udržení konkurenceschopnosti firmy v budoucnosti vzniklo oddělení technického rozvoje. Jeho úkolem je neustále zajišťovat a porovnávat efektivnost stávajících technologií výroby ve VHM s možnostmi a progresivními technologiemi, které jsou v současné době k dispozici na trhu a které je v provozu VHM možné použít.

Navrhovaná koncepce nové technologie pro odběr zkušebních vzorků předpokládá zachování stávajících strojů. Zároveň však bude mít vliv na technologii odběru zkušebních těles. Sníží se podíl spotřeby lidské i strojní práce a zvýší se produktivita. Ve svém důsledku se tedy sníží náklady výroby v porovnání s původní technologií.

Navrhovaná technologie jádrového vrtání by měla nahradit odběr segmentů pro mechanické zkoušky. Výsledkem jádrového vrtání je těleso rotačního průřezu viz. obr. 20. Opracování takového tělesa - „tyčinky“ po jádrovém odběru je daleko jednodušší a rychlejší a tedy méně nákladnější, než řezání segmentu a jeho následné dělení na jednotlivé hranolky s nutností dalšího opracování na požadované rozměry.



Obr.20 Těleso po jádrovém vývrtu

3.1 Obrobitelnost materiálu

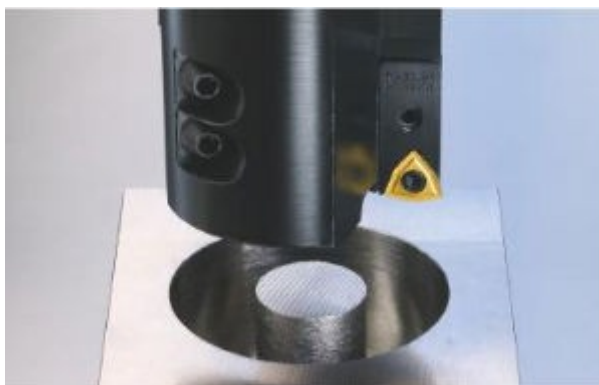
Pojem obrobitelnost materiálu znamená souhrn fyzikálně - mechanických vlastností obráběného materiálu z hlediska jeho vhodnosti pro výrobu součástí určitým způsobem obrábění. Z hlediska technologie obrábění je obrobitelnost jednou z nejdůležitějších vlastností materiálu a hlavním faktorem, který ovlivňuje volbu řezných podmínek. Obrobitelnost nelze stanovit absolutně měřitelnou jednotkou. Určuje, zda se zkoumaný materiál obrábí hůře nebo lépe, než materiál jiný za předpokladu, že se obrábí stejnými řeznými podmínkami, shodným řezným materiálem a stejným druhem stroje (tzn. srovnáním zkoušeného materiálu a referenčního (etalonového) materiálu). Jednotné normativy zařazují oceli do tříd (skupin) s označením 1-20. Relativně nejhorší obrobitelnost má materiál s nejnižším číslem. Nejlepší obrobitelnost má materiál s nejvyšším číslem. Obecně je možné posuzovat obrobitelnost podle toho, jaký má vliv na tvorbu třísky, jakosti povrchu obrobené součásti anebo velikost řezné rychlosti při zvolené životnosti břitu.[7]

Obrobitelnost materiálu je souhrnný pojem, který svědčí o mechanických, fyzikálních a chemických vlastnostech materiálu, o jeho struktuře a způsobu výroby. Problematické obrobitelnosti materiálu je nutné věnovat velkou pozornost, z hlediska přesného stanovení doporučených řezných rychlostí a při volbě břitových destiček. [8]

Při navrhování nové technologie odběru vzorku pro mechanické zkoušky bylo nutné vzít v potaz obrobitelnost materiálu, u kterých se nová technologie bude používat. S ohledem na obrobitelnost výrobků pak byly vybrány řezné materiály. K nejčastěji obráběným materiálům ve VHM patří skupiny 14B až 9B.

3.2 Vrtání na jádro - jádrování

Vrtání na jádro se používá pro větší průměry otvorů a u strojů s omezeným výkonem, protože tato metoda není tak náročná na spotřebu energie jako při vrtání plného průřezu kompaktním vrtákem. Principem je aplikace tzv. trepanačního nástroje, který neodebírá třísky z celého otvoru, ale jen z mezikruží (obr. 21). Zatímco odebíraný materiál odchází ve formě třísek, uprostřed otvoru zůstává jádro. Při vrtání ocelových materiálů může být jádro často ještě využito pro jiné účely nebo například pro statické zkoušky meze pevnosti v tahu či pro provádění analýzy materiálu. [5]



Obr.21 Vrtání na jádro [9]

Většina firem, které na českém trhu dodávají nástroje umožňující jádrové vrtání, se potýká s problémem oddělení jádra při vrtání slepé díry na jádro. Výrobci nástrojů doporučují použít tuto metodu pouze pro otvory průchozí. Firma Botek je však s technologií vrtání na jádro o krok dále než ostatní a nabízí i způsob oddělení jádra v případě slepých děr. Tato fa. nabízí jak „jádrovací“ (trepanační) vrtáky, tak nástroj pro vyjmutí („upíchnutí“) jádra. Navrhovaná technologie počítá s možností oddělování jader ve slepých dírách například v případě Větrníkových hřídelí, které jsou v posledních letech jednou z největších zakázek ve VHM.

Nejpoužívanější velikosti viz. Tabulka č. 4.

Tabulka č. 4: Nejpoužívanější velikosti jádrovacích vrtáků

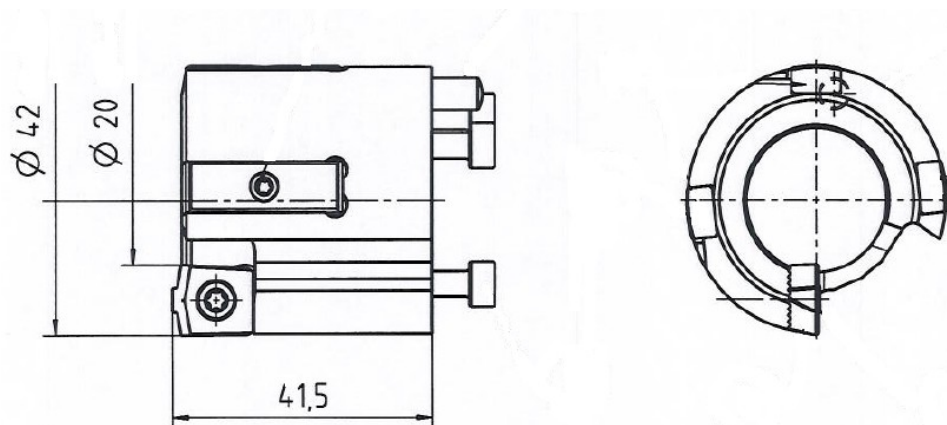
Ø jádra [mm]	20	18	30
Ø vývrtu[mm]	42	44	62

3.3 Volba nástrojů

Navrhovaná technologie pro zjednodušení odebrání zkušebních vzorků pro mechanické zkoušky počítá s využitím níže uvedených nástrojů. Tyto nástroje dodává do VHM firma Botek.

3.3.1 Vrtací hlava na jádro

Jedná se o jednozubou vrtací hlavu s jednou vyměnitelnou břitovou destičkou, dvěma celokarbidovými vodícími lištami P20B a jednou plastovou vodící lištou HGW. Nástroj je určený pro vrtání na jádro nebo vrtání s nižším příkonem (obr. 22 a 23).



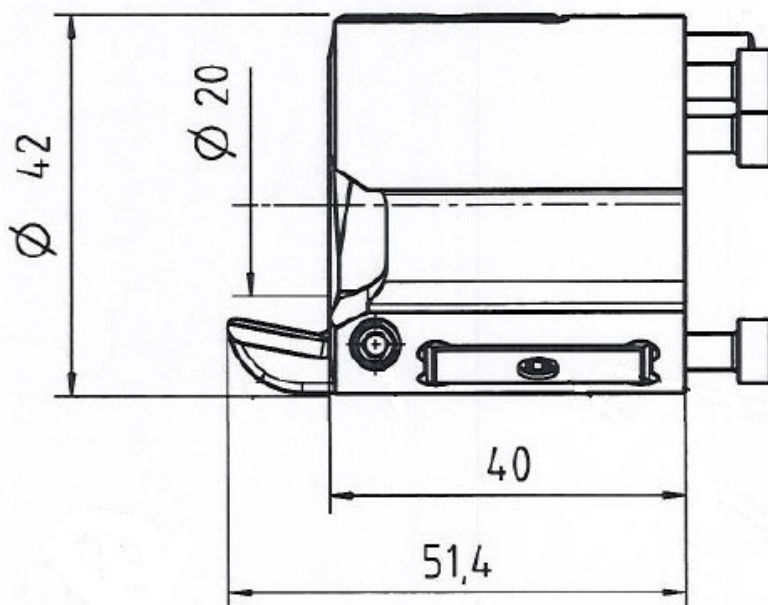
Obr.22 Vrtací hlava na jádro



Obr.23 Vrtací hlava na jádro (foto)

3.3.2 Upichovací hlava

Jedná se o jednozubou vrtací hlavu s jednou vyměnitelnou břitovou destičkou, dvěma celokarbidovými vodícími lištami P20B a jednou plastovou vodící lištou HGW. Nástroj je určený pro upichování jádra ve slepé díře (obr. 24 a 25).



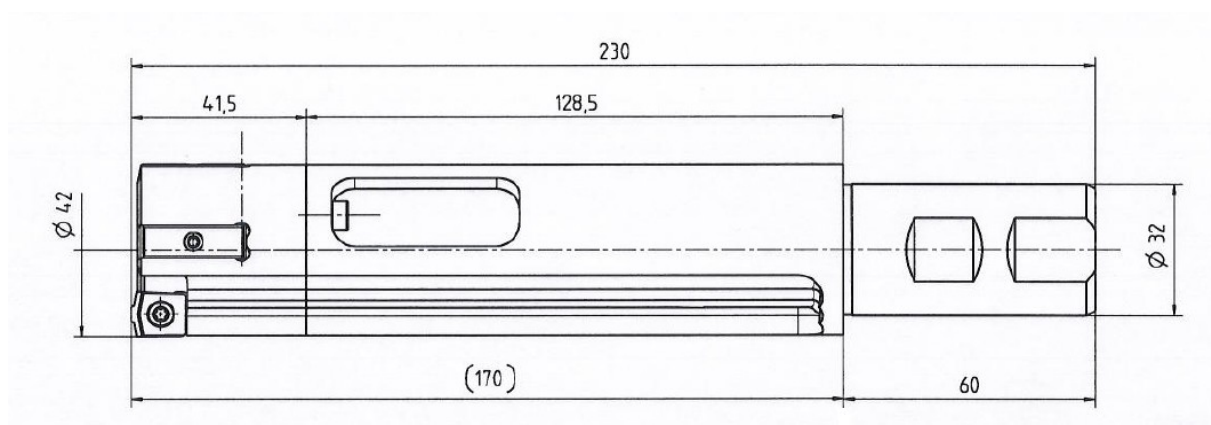
Obr.24 Upichovací hlava od fa. Botek



Obr.25 Upichovací hlava od fa. Botek (foto)

3.3.3 Upínací těleso

Firma Botek ve spolupráci s VHM navrhla a vyrobila upínací těleso nástroje pro možnost použití vrtací i upichovací hlavy. Dle délky upínacího tělesa je možné volit délku budoucí tyčinky. Níže znázorněná upínací tělesa (viz. obr. 26 a 27), na které se pomocí třech šroubů připojí vrtací nebo upichovací hlava. V případě nutnosti delšího jádra nebo v případě nutnosti průchozího vývrtu je možné nechat zhotovit upínací tělesa delší a to dle potřeby.



Obr.26 Upínací těleso



Obr.27 Upínací těleso (foto)

3.3.4 Řezné podmínky

Výrobce nástrojů ve svých katalogích a příručkách doporučuje vhodné řezné podmínky pro vyměnitelné břitové destičky. Vrtací hlava na jádro používá destičky P25B s utvařečem třísky SP1. Materiál břitové destičky upichovací hlavy je rychlořezná kovaná ocel.

Řezné podmínky pro vrtací hlavu:

- otáčky $n = 355$ [ot · min⁻¹]
- řezná rychlost $v_c = 90$ [m · min⁻¹]
- hloubka řezu $a_p = \text{do } 8$ [mm]
- posuv na zub $f_z = 0,05$ [mm]

Řezné podmínky pro upichovací hlavu

- otáčky $n = 200$ [ot · min⁻¹]
- posuv na zub $f_z = \text{ruční}$ [mm]

3.4 Volba obráběcího stroje

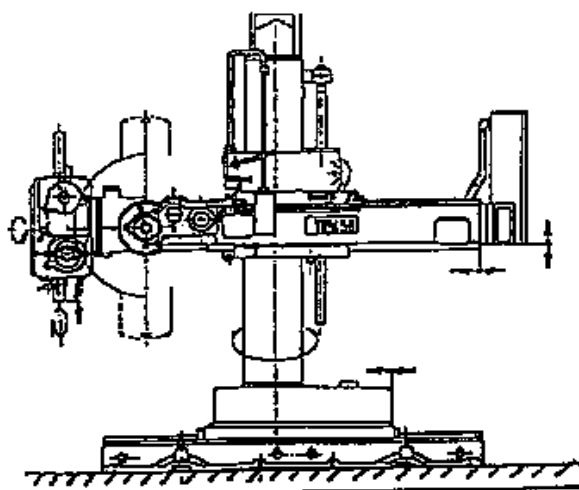
Napříč rozměrům a hmotnosti některých výrobků vyráběných ve VHM a z důvodu snížení výrobních nákladů technologie, oproti nákladům na strojní skupiny vyšší třídy (vodorovné vyvrtávačky) byla navržena pro odebrání zkušebních vzorků montážní vrtačka VRM50A (obr. 28). Hodinová sazba montážní vrtačky je 2 – 3x nižší než sazba horizontální vyvrtávačky konvenční nebo CNC.

3.4.1 Montážní vrtačka VRM50A

Výkon montážní vrtačky odpovídá požadovaným potřebám vrtacích nástrojů (Tabulka 5). Manipulace s vrtačkou a její ustavení do vhodné polohy je méně náročná a rychlejší než přemísťování rozměrných součástí. Snadný je také převoz vrtačky mezi jednotlivými nákladovými středisky celé firmy.

Tabulka č. 5. Parametry montážní vrtačky VRM50A [10]

max. Ø vrtané díry do oceli (mm)	max. Ø 50
hloubka vrtání (mm)	350
průměr vřetená (mm)	70
výstup z hřídele	MK4
výkon motoru	4kW
otáčky / počet stupňů (1/min)	16 až 800 / 15
posuv vřetená / počet stupňů (mm/ot.)	0,05 až 0,5 / 6
svislé přestavení vřeteníku (mm)	1250
vodorovné přestavení vřeteníku (mm)	900
otočení ramena kolem sloupu (°)	0 až 360
naklápění hlavičky s vřeteníkem (°)	180
max. řezaný závit do oceli	M48



Obr.28 Montážní vrtačka

3.4.2 Chlazení a odvod třísek

Pro usnadnění utváření a odstraňování třísek z místa řezu, které je zvláště důležité při vrtání otvorů, je pro míchání stlačeného vzduchu s olejem použit přístroj VM1 (obr. 30), který lze aplikovat pro přívod kapaliny středem i vně nástroje. Vnitřní přívod media přes střed nástroje – což neumožňují konvenční obráběcí stroje je zajištěn pomocí speciálního středového adaptéru (obr. 29) vyrobeného pro použití olejové mlhy.

Výhody:

- odvod třísek
- chlazení
- mazání
- není potřebný „sběr“ kapaliny
- jen stlačený vzduch a olej



Obr.29 Středový adaptér



Obr. 30 Přístroj VM1

3.5 Postup odběru jádra

3.5.1 Upínání

Díky relativně nízké hmotnosti montážní vrtačky máme více možností při upínání:

- 1.) polotovár/výrobek je rozměrově menší a jeho hmotnost je nižší než hmotnost montážní vrtačky. Operace jádrového vrtání probíhá na pracovišti montáže, které je vybaveno otočným stolem, montážními bednami, podložkami pro vypodložení obráběného kusu, upínkami a dalšími potřebnými přípravky pro bezproblémové upnutí a ustavení obrobku.
- 2.) výrobek je rozměrově větší a jeho hmotnost je vyšší než hmotnost montážní vrtačky (případ nosného kruhu). Montážní vrtačka je přepravena na pracoviště předcházející operace a úkon odvrtání jádra je proveden na příslušném pracovišti. Odpadá operace, při které je nutné těžký obrobek přemísťovat a opět ustavovat. Sníží se tak množství vedlejšího času spotřebovaného na upínání a manipulaci. Sníží se také riziko vzniku možného úrazu či poškození výrobku.

Ať už je manipulováno s montážní vrtačkou nebo s výrobkem, vždy je nutné zajistit proti působení sil při vrtání a případnému posunutí při obrábění jak vrtaný výrobek, tak montážní vrtačku. K pevně upnutému obrobku je centrována osa vřetene montážní vrtačky nebo naopak osa budoucího vývrtu v obrobku je centrována k ose vřetene montážní vrtačky.

3.5.2 Základní strategie vrtání na jádro

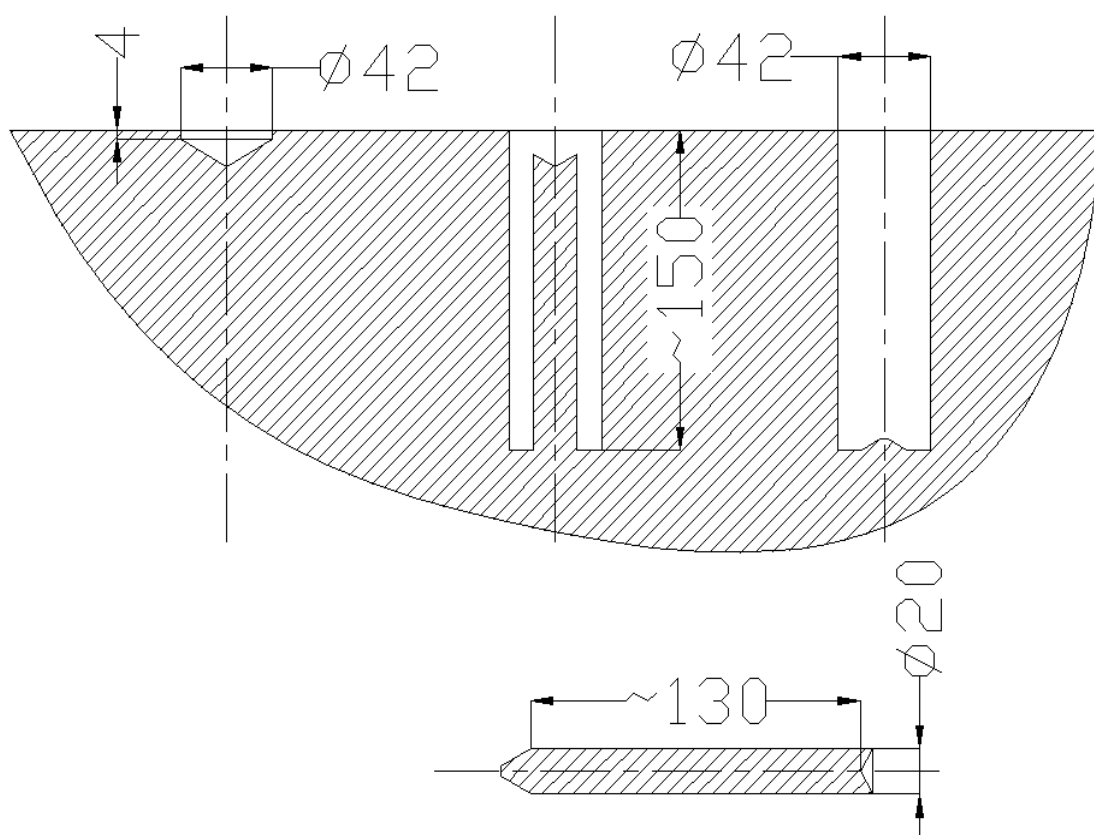
Obecně lze výrobu otvorů vrtáním přizpůsobit utvářené třísce a náročnosti jejího odstraňování z místa řezu. Základním pohybem při výrobě otvoru je rotace nástroje za jeho současného přímočarého pohybu.

- 1.) Před započítím jádrování je nutná příprava vedení pro vrtací hlavu a to pomocí šroubového vrtáku. Řezný nástroj je polohován do bezpečné vzdálenosti k povrchu obrobku. Následuje lineární pohyb pracovním posuvem do hloubky, kterou lze předepsat jako hloubku zanoření špičky nástroje nebo velikosti (průměru) kruhové stopy, která má být na povrchu zanechána. V případě je-li vzorek odebírán z rotační součásti tangenciálně, je nutné před navrtáním otvoru

zafrézovat rovnou plochu. Srovnání plochy pro vývrt se provede čelní frézou, nebo jiným nástrojem, který umožňuje čelní frézování.

- 2.) Obdobně jako navrtání je realizována i základní metoda jádrového vrtání. Přímočarý pohyb je zpravidla započat v bezpečné vzdálenosti před součástí a odtud probíhá definovaným pracovním posuvem nepřerušovaně ke dnu otvoru za neustálého přívodu procesního média.
- 3.) Následuje operace, při které je jádro odděleno od obrobku. Na rozdíl od vrtání je přímočarý pohyb uskutečněn namísto pracovního posuvu posuvem ručním. V okamžiku, kdy řezný klín upichovací hlavy oddělí jádro od zbytku obráběného materiálu, jádro uvízne v prostoru tělesa nástroje. Obvykle nedochází k žádným problémům. Stejně jako u předchozí operace je i u upichování jádra středem nástroje přiváděna procesní kapalina.

Na obrázku 31 je ve třech krocích graficky znázorněna strategie vrtání od přípravy vedení až po úpich jádra.



Obr.31 Postup odběru vzorků

3.6 Návrh dílenského technologického postupu

Technologický postup níže je navržený pro odběr vzorku z nosného kruhu.

	4	Odběr vzorků pro mech. zk.	
Číslo výkresu	Počet kusů	Název součásti	Zakázkové – pořadové číslo
TECHNOLOGICKÝ POSTUP - navrhovaný			
		42 4254.61	
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr
			Poznámka

Č. op. úseku	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky/strojní skupina	Řezné parametry (a, v, f, c)	Čas operace /ks(min)	Čas přípravy (min)
1	Upnout, středit dle orýsování	Montážní vrtačka/ 04567/31			240
2	Srovnat plochu pro vývrt	Čelní fréza Ø50	n = 300 [ot/min] f= 80 [mm/min]	6	4
3	Zavrtat vedení pro dělový vrták. Průměr kruhové stopky Ø 42 do hloubky 4mm.	Spirálový vrták Ø 42	n = 100 [ot/min] f= 3 [mm/min]	3	1,5
4	Jádrový vývrt Ø42, hloubka l=150 mm	Vrtací hlava na jádro	n = 100 [ot/min] f= 20 [mm/min]	7,5	3,5
5	Upíchnutí jádra Ø20, l=130mm	Upichovací hlava	n = 100 [ot/min] f= ruční posuv	2	5
6	Odjehlít jádro a otvor			2,5	
Celkový čas pro 4 vývrty				84	296

4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Důležitým aspektem pro výrobu je zhodnocení nákladů na údržbu a provoz stroje. Všechny tyto náklady obecně patří do režijních nákladů a jsou zahrnuty v nákladech na jednu hodinu provozu stroje. Pro výpočet je důležité znát hodnotu fixních a variabilních nákladů. Fixní náklady se nevztahují přímo na objem výroby, firma je musí vynakládat při každém objemu výroby (tedy i nulovém). I velký fixní náklad může být ekonomický schůdný pro výrobu velkého množství výrobků, pokud zisk z každého výrobku od určitého okamžiku danou investici zaplatí.

Naproti tomu variabilní náklady rostou spolu s objemem výroby. Tyto náklady v sobě vždy zahrnují něco, co se neoddělitelně váže s každým jednotlivým vyrobeným zbožím. Při výrobě je přirozeně snahou snížit variabilní náklady na minimum, neboť i jejich malé snížení se vždy násobí počtem kusů a v absolutních číslech může představovat výrazné úspory. Proto pro velké objemy výroby mohou být výhodné i nákupy drahých zařízení, pokud přinesou snížení variabilních nákladů.

4.1 Výrobní časy v technologických postupech

V technologickém postupu je uvedena norma strojního času v minutách. Časy jsou stanoveny pro všechny operace.

U stávající technologie byly časy získány ze stávajícího výrobního postupu a ověřeny přímo na pracovištích v podniku. Při tvorbě nového technologického postupu byly časy zjištěny pomocí výpočetního softwaru VNORMS (obr. 32). Početní software VNORMS je původní normativ, zpracovaný do elektronické formy, usnadňující práci technickým pracovníkům v normování. Následně pak byly časy optimalizovány, na základě měření ve výrobě, až do stávající podoby. Vzhledem k prověřování časů u obou metod lze předpokládat, že tyto výrobní časy jsou reálné. Samozřejmě, že vše je úzce závislé na dokonalosti přípravy výroby, především pak na zkušenostech a zručnosti pracovníka obsluhujícího stroj.

Výběr řádků

Zakázka
NS Zakázka: 370 1-291-6243-1 KP: Část:

PKP - Prohlášení

NS	Zakázka	Výrobní příkaz	Rev. R/P	Kód odd.	Storno Zprac.	Org.	Položka Oracle	Altern.náz. PKP	Termín	Množství stand.	rozšif.	Typ položky	Počet dávek	Počet zbytku
370	1-291-6243-1	9001	0/001	1	--	030	999000850397		19-SRP-11	1	1	Kusovní	1	0

Popis: Nosný kruh; D 5486 / d 4782 x 790;; 42CrMo4 + QT; EN 10204/3.2;; FR 13274;;
Paraty: ;BB;AM; Úvodní text: ..PRI REALIZACI TOHOTO PKP JE NUTNE DODRZET BEZPECNOSTNI POKYNYNS 370 PRO P Tř. odp.: 3

Výroba

Číslo op.	Obrob.	UNS	Pracovní	Plat. třída	Počet D	Mzd. S	Druh Mzd.	Čas jedn.	Nhod	Normovanost	Text operace	
10	11	09863/11	0	0	0	0	0	0	0	Bez	KONTROLA	
20	14	09412/14	6	1	1	80	10	0	960	16	Nrm	RÝSOVACÍ DESKA
30	11B	24832/13	5	1	1	80	10	0	1	.02	Nrm	HORIZONTKA- UPHOUT, STŘEDIT- ŘEZAT SEGMENT PI

Rozpis: 370 1-291-6243-1

VP Nad: NS: Zak: NZ07-STD - Otevřen VP Nad: Pol O: Výkr: Poz:

VP: 9001 / 0 / 001 Nosný kruh; D 5486 / d 4782 x 790;; 42CrMo4 + QT; EN Typ: Kusovina a úkony
Datum: 18-ČVC-11 Alt: Zn: DCV: 28993 Ter: 19-SRP-2011

Výrobek
Pol. / Kat. / Obor: 999000850397 Vyr Obecný
Výkres / Revize: FR 13274 K 0 V P
Název / Typ: Nosný kruh
Jm. rozměr: D 5486 / d 4782 x 790
Délka x Šířka: x Pt m2 x Ks:
Množ / MJ / Hm: 1.0 / ks / 35205 kg / / kg
Jakost mat.: 42CrMo4 + QT
N. rozm.:
N. přej.: EN 10204/3.2
Atest:
Kód zk.:
Poznámka: Výkovek, T-9555, hr. hmotnost 58000 kg

Materiál

Info:

Zahájit **Obj. sl.** **Výrobek** **Materiál** **PKP** **WIP** **V1** **P1** **M1** **Vše**

Obr.32 VNORMS

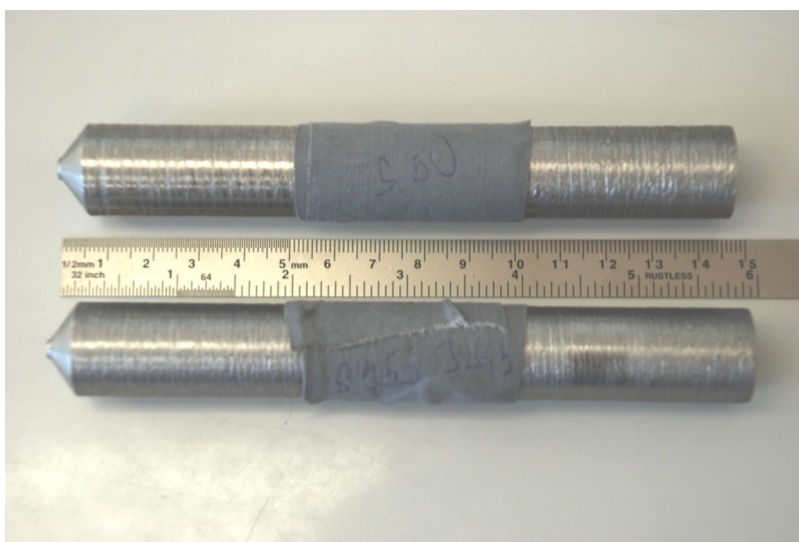
4.2 Obecné porovnání stávající technologie s navrhovanou

Stávající způsob odběru vzorků pro mechanické zkoušky probíhá u větších či menších součástí (rozměrově i váhově) tak, že se k výkovku, ze které je součást vyráběna, naková materiál navíc (přídavek pro zkoušku). Z tohoto přídavku je následně odřezán segment, který je posílán do společnosti VTC, kde je dle rozřezového plánu dále dělen a opracováván na vzorky normou předepsaných rozměrů (viz kapitola 2.5).

Segmenty půlměsícového tvaru jsou odřezávány na horizontální vyvrtávačce typu W200, nebo jiných strojích ze stejné strojní skupiny nebo ze skupiny s nepatrně nižší hodinovou sazbou. Jedná se o vodorovné vyvrtávačky W130, W 160 i W 250.

V navrhované technologii jsou všechny odběry vzorku pro mechanické zkoušky provedeny, bez ohledu na velikost součásti, jedním strojem s hodinovou sazbou o polovinu nižší než je nejnižší sazba vodorovné vyvrtávačky. Odjehlení po obrábění provádí podle náročnosti u stávající technologie i nově navrhované technologie odběru vzorků, obsluha stroje nebo přivolání zámečníci.

Další výhodou navrhované technologie je úspora provozních nákladů, které vznikají při dělení segmentu dle rozřezového plánu. Výsledkem jádrového vrtání je váleček (obr. 33) o průměru 20 a 30 mm. Takto odebraný vzorek je možné zaslat do VTC. Úprava vzorků je mnohem jednodušší než u původní technologie dělení velkého segmentu. Další výraznou výhodou je možnost manipulace a snížení přepravní váhy z 40kg na zhruba 2-3kg jednoho kusu válečku.



Obr.33 Váleček z jádrového vývrtu

4.3 Ekonomické porovnání

Pro účely ekonomického porovnání jsou níže uvedené hodinové sazby pouze orientační. Interní předpisy společnosti VHM nedovolují zveřejnit konkrétní částky.

Hodinová sazba na pracoviště vodorovné vyvrtávačky W200 byla pro potřeby této práce stanovena na 900Kč. Hodinová sazba montážní vrtačky typu VRM50A byla stanovena na 450Kč. Pro pracoviště zámečnicka je hodinová sazba navržena na 300Kč. Metodikou výpočtu spotřeby výrobního času a následným ověřením zkušebními vývrty na provozu, byl zjištěn potřebný čas pro odebrání 1ks jádra. Při porovnávání jednotlivých technologií (Tabulka č. 7) bylo počítáno se čtyřmi jádrovými vývrty. Čtyři jádra plně dostačují pro výrobu požadovaného množství zkušebních vzorků. V tabulce číslo 5 jsou uvedeny náklady vzniklé odřezáním zkušebního segmentu stávající technologií, před jeho rozřezáním a opracováním na normalizované zkušební vzorky. V tabulce číslo 6 jsou náklady za odebrání zkušebních segmentů (jader) nově navrženou technologií.

Tabulka č.5 Stávající technologie

Pracoviště	Strojní skupina	Čas operace [min]	Náklady na 1hodinu [Kč/h]	Náklady na 1ks/1dávku [Kč]
Vodorovná vyvrtávačka W200	14832/13	1440	900	21600
Zámečnick	09421/14	75	300	375
celkem				
		1515	21 975	

Tabulka č.6 Nová technologie

Pracoviště	Strojní skupina	Čas operace [min]	Náklady na 1hodinu [Kč/h]	Náklady na 1ks/1dávku [Kč]
Vodorovná vyvrtávačka W200	04567/31	380	450	2850
celkem				
		380	2 850	

Tabulka č.7 Porovnávací tabulka

Zvolená technologie	Čas obrábění [min]	Čas přípravy [min]	Náklady na 1 dávku [Kč]
Stávající technologie	1065	450	21600
Nová technologie	84	296	2850
Rozdíl technologií	981	154	18750

Dále je spočtena úspora za dělení odřezaného segmentu (Tabulka č. 8) a náklady na pořízení nástrojů pro odběr zkušebních segmentů (Tabulka č. 9). Odhad časových a ekonomických úspor je stanoven dle hodinové sazby strojů, na kterých se dělení uskutečnilo.

Další následné úspory:

- dělení segmentu
- převoz součásti ke stroji (v rámci provozu)
- převoz součásti mezi jednotlivými nákladovými středisky (v rámci celé firmy)

Tabulka č.8 Cena za dělení segmentu na zkušební vzorky

Pracoviště	Strojní skupina	Čas operace řezání [min]	Náklady na 1 hodinu [Kč/h]	Náklady na 1 dávku [Kč]
Pásová pila	05687/11	23	300	115
Univerzální frezka	14827/11	18	350	105
Rýsovači	09412/14	20	200	67
Univerzální frezka	14827/11	70	350	408
Pásová pila	05687/11	20	300	100

celkem

151

795

Odhad úspory za dělení segmentu ve VTC je 795 Kč na jedné dávce. Dávkou je v tomto případě myšleno množství zkušebních vzorků potřebných pro provedení vypovídajícího počtu mechanických zkoušek.

Tabulka č.9 Náklady na pořízení nástrojů

Název	Cena za ks [Kč]	Počet zakoupených ks	Cena celkem [Kč]
Vrtací hlava na jádro	35 000	1	35000
Upichovací hlava	34000	1	34000
Upínací těleso	30500	1	30500
RO břit do upichovací hlavy	8800	1	8800
Karbidové vodící lišty P20B	950	4	3800
Plastové vodící lišty HGW	450	2	900
Středový adapter	16000	1	16000
VBD	1900	2	3800

celkem

132 800

5 Závěr

Vzhledem ke stávající situaci na trhu, se společnosti zajímají především o technologie, které jsou schopny vyrábět v co možná nejkratších strojních časech a s minimálními náklady. Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit návrh nové technologie odběru vzorků pro mechanické zkoušení v podmínkách firmy Vítkovice Heavy Machinery a.s. K návrhu řešení bylo nutné provést rozbor stávající technologie odběru vzorků pro mechanické zkoušky. Práce obsahuje nový návrh technologie odběru segmentů s použitím speciálních nástrojů a zařízení pro zajištění jádrového vrtání. Dále je věnována pozornost i strojnímu vybavení pro zajištění jádrování. Navrženým strojem je montážní vrtačka VRM50A, která disponuje dostatečným výkonem pro vrtání a vhodným mobilním zařízením pro odběr vzorků na všech provozech VHM.

Původní technologie řeší problematiku odběru zkušebních vzorků pro mechanické zkoušky odřezáním velkého zkušebního segmentu z výrobku. Následně je nutné odebraný segment rozřezat a opracovat na standardizované zkušební vzorky použitelné pro mechanické zkoušky ve zkušebních laboratořích. Operace odběru segmentu jsou realizovány na vodorovných vyvrtávačkách.

V práci je navržena nová technologie jádrového vrtání, která by měla nahradit stávající způsob odběru segmentů. Výsledkem jádrového vrtání je těleso kruhového průřezu. Opracování takového tělesa - „tyčinky“ po jádrovém odběru je daleko jednodušší, rychlejší a tedy méně nákladné, než stávající způsob odřezání segmentu a jeho následné dělení na jednotlivé hranolky s nutností dalšího opracování na požadované rozměry. Nová technologie navrhuje využití nástrojů pro jádrové vrtání od firmy Botek a to Vrtací hlavy na jádro, Upichovací hlavy a Upínacího tělesa. Přívod procesního media bude zajištěn přes středový adaptér z přístroje pro míchání stlačeného vzduchu s olejem pod označením VM1. Pro operaci jádrového vrtání byla navržena montážní vrtačka, která svým výkonem dovoluje využít navrhované nástroje.

Při porovnávání obou technologií je potřeba zohlednit jak velkou úsporu manipulačních časů tak i výrobních. Při stávající technologii dochází k přemísťování rozměrných součástí, čímž se zvyšuje i riziko úrazu. Při plánování výroby je s přemísťováním nutné počítat. Čekací a manipulační časy ani počet pracovníků jsem v diplomové práci neposuzoval.

Výsledky ekonomického propočtu uvedené v porovnávací tabulce jasně dokazují výhody navržené technologie odběru vzorků. Tato technologie přináší značnou úsporu provozních nákladů při každém odběru.

Firma Vítkovice Heavy Machinery a.s. je podnikem, který v poslední době investoval nemalé množství peněz do modernizace svého výrobního zařízení. Z toho důvodu požaduje navržení nových technologických postupů s cílem uspořit finanční prostředky.

Seznam literatury:

- [1] BOTHE, O. *Strojírenská technologie 1*. Praha: Sobotáles, 1997. 128s. ISBN 80-85920-42-5
- [2] BOTHE, O. *Strojírenská technologie 2*. Praha: Sobotáles, 1999. 160s. ISBN 80-85920-58-1
- [3] ČSN 42 0310. *Kovové materiály: Zkoušení tahem – Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2010. 64s.
- [4] ČSN 42 0381. *Kovové materiály: Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy - Část 1: Zkušební metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2010. 28s.
- [5] AB SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Praha : Sandvik CZ, s. r. o., 1997. 811s. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [6] ISCAR Member IMC Group. *Kompletní katalog nástrojů Nástroje Rotační*. Israel: ISCAR LTD, 2008.
- [7] JEDNOTNÉ NORMATIVY. *Obrobitelnost materiálu CNN 10-0-0/I*. Praha: 1977
- [8] BILÍK, O. *Obrábění 1, 1. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 136s. ISBN 80-7078-811-9
- [9] *Vrtání na jádro* [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z:
http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/technical_guide/drilling/application_overview/dedicated_methods/trepanning/pages/default.aspx
- [10] VÍTKOVICE, a.s. *Strojní pasport*. Ostrava: Vítkovice, a.s., 1994. 156s.

Poděkování

Děkuji oddělení technologického rozvoje společnosti Vítkovice Heavy Machinery a.s. zejména panu Ing. Antonínovi Trefilovi za odborné rady a informace k tématu mé diplomové práce.

Děkuji také svému vedoucímu bakalářské práce prof. Dr. Ing. Josefu Brychtovi, za odborné vedení mé práce, poskytování rad a materiálových podkladů k práci.